

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Toshiki TANAKA et al.

Group Art Unit:

Serial No.:

Examiner:

Filed: February 15, 2001

For: OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM AND TRANSMISSION SECTION
REPAIR METHOD



SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR
FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE WITH
THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)
herewith a certified copy of the following foreign application(s):

Japanese Patent Application No. 2000-040162

Filed: February 17, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements
of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: February 15, 2001

By:

Paul I. Kravetz
Registration No. 35,230

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC962 U.S. PTO
09/783527
n2/15/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 2月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-040162

願 人

Applicant (s):

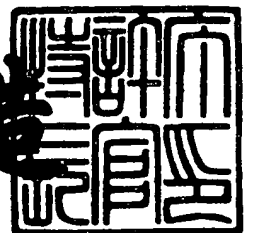
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 9月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0050066

【提出日】 平成12年 2月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/02

【発明の名称】 伝送区間の修理方法及び光通信システム

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 田中 俊毅

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 内藤 崇男

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100108202

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 野澤 裕

 【電話番号】 044-754-3035

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011280

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9913421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】

伝送区間の修理方法及び光通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】

伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、

該伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバとを接続した伝送路からなる伝送区間に対して、

該伝送路を修理する場合に挿入する第3の光ファイバの分散値は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が第1光ファイバ又は第2光ファイバ単位長さ当たりの分散値よりも小さい光ファイバを用いることを特徴とした伝送区間の修理方法。

【請求項2】

光通信端局間を中継器により複数の伝送区間に分けた光通信システムにおいて

該中継器間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、該伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、

該端局と該中継器の間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとすることを特徴とする光通信システム。

【請求項3】

光通信端局間を複数の伝送区間に分けた海底通信用の光通信システムにおいて

水深が1000m以上の海底に配置される該伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、該伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、

水深が1000m以下の海底に配置される該伝送区間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光フ

ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとすることを特徴とする光通信システム。

【請求項4】

光通信端局間を複数の伝送区間に分けた光通信システムにおいて、

該伝送区間は損失を発生する分散補償器又は利得等化器又は光分岐挿入装置のユニットを有する伝送区間と該ユニットを有しない伝送区間とに分けされ、

該ユニットを有しない伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、該伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、

該ユニットを有する伝送区間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとすることを特徴とする光通信システム。

【請求項5】

光通信端局間を複数の伝送区間に分けた光通信システムにおいて、

該伝送区間は損失を発生する分散補償器又は利得等化器又は光分岐挿入装置のユニットを有する伝送区間と該ユニットを有しない伝送区間とに分けされ、

該ユニットを有しない伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、該伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、

該ユニットを有する伝送区間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとすることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

従来、長距離の光伝送システムでは光信号を電気信号に変換し、リタイミング(retiming)、リシェーピング(reshaping)およびリジェネレーティング(regenera

ting)を行う光再生中継器を用いて伝送を行っていた。

【 0 0 0 2 】

しかし、現在では光増幅器の実用化が進み、光増幅器を線形中継器として用いる光増幅中継伝送方式が検討されている。

【 0 0 0 3 】

光再生中継器を光増幅中継器に置き換えることにより、中継器内の部品点数を大幅に削減し、信頼性を確保するとともに大幅なコストダウンが見込まれる。

【 0 0 0 4 】

また、光伝送システムの大容量化を実現する方法のひとつとして、1つの伝送路に2つ以上の異なる波長を持つ光信号を多重して伝送する波長多重(WDM)光伝送方式が注目されている。

【 0 0 0 5 】

波長多重光伝送方式と光増幅中継伝送方式を組み合わせた波長多重光増幅中継伝送方式においては、光増幅器を用いて2つ以上の異なる波長を持つ光信号を一括して増幅することが可能であり、簡素な構成（経済的）で大容量かつ長距離伝送が実現可能である。

【 0 0 0 6 】

【従来の技術】

波長多重光増幅中継伝送システムの構成例を図1に示す。

【 0 0 0 7 】

図1のWDM伝送光システムは、例えば、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、それら送受信局間を接続する光伝送路3と、該光伝送路3の途中に所要の間隔で配置される複数の光増幅器4、とから構成される。

【 0 0 0 8 】

光送信局1は、波長の異なる複数の光信号をそれぞれ出力する複数の光送信器(E/O)1Aと、複数の光信号を波長多重する合波器1Bと、該合波器1BからのWDM信号光を所要のレベルに増幅して光伝送路3に出力するポストアンプ1Cと、を有する。

【 0 0 0 9 】

光伝送路3は、光送信局1および光受信局2の間をそれぞれ接続する複数の中継区間を有する。

【 0 0 1 0 】

伝送路中に設けられた光増幅器4にて、波長多重光を光増幅して光受信局に送信する。

【 0 0 1 1 】

光受信局2は、光伝送路を介して伝送された各波長帯のWDM信号光を所要のレベルに増幅するプリアンプ2Cと、プリアンプ2Cからの出力光を波長に応じて複数の光信号に分ける分波器2Bと、複数の光信号をそれぞれ受信処理する複数の光受信器(O/E)2Aと、を有する。

【 0 0 1 2 】

このような構成の伝送システムを光海底ケーブルシステムに用いた時にある2つの光増幅器4の間の中継区間における光伝送路3に障害が生じた場合の伝送路修理の例を図2に示す。

【 0 0 1 3 】

図2は図1と同一部材は同一番号で示す。

【 0 0 1 4 】

浸水したケーブルを取り除いた後、切断された双方のケーブルを接続する際、船上で接続するため既設のケーブル長よりも延長される。

【 0 0 1 5 】

この除去されるケーブル長および挿入されるケーブル長は水深に依存して決定される。

【 0 0 1 6 】

挿入ケーブルは光伝送路3として用いられるファイバケーブルと同種類のファイバケーブル3を用いていた。

【 0 0 1 7 】

光送信局と光受信局間の光増幅器で分割された複数の伝送区間が各伝送区間毎に、分散の符号が異なる数種類のファイバを用いている場合がある。

【 0 0 1 8 】

この場合は伝送路の修理用に挿入するケーブルは各伝送区間に用いた異なる分散値の伝送路を両方使い、2つの異なる分散値を持つ伝送路の長さを調整し、挿入ケーブル全体の分散値をほぼ零とすることにより伝送システムの初期導入時からの累積分散のずれを低減していた。

【 0 0 1 9 】

例えば、伝送する光信号波長に対する波長分散が -2 ps/nm/kmである非零分散シフトファイバ(Non-zero dispersion shifted fiber: NZ-DSF)が9伝送区間用いられ、伝送する光信号波長に対する波長分散が $+18$ ps/nm/kmである1.3 μ m零分散ファイバ(Single mode fiber: SMF)が伝送路として1伝送区間用いられている場合、NZ-DSFとSMFのケーブルの長さの比率を9:1に調整しそのケーブルの分散値をほぼ零にしたケーブルを挿入することにより、挿入ケーブルに伴う伝送システムの初期導入時からの累積分散のずれを低減している。

【 0 0 2 0 】

また、海底光ケーブルシステムは大きく分けると、陸揚げ、浅海および深海の3つに区分けされている。

【 0 0 2 1 】

図3に各区間を定義した図を示す。

【 0 0 2 2 】

図3は図1と同一部材は同一番号で示す。

【 0 0 2 3 】

陸揚げ区間は光送信局1から第1番目の光増幅器4-1までの中継区間および光受信局2から第1番目の光増幅器4-17までの中継区間であり、浅海区間は水深約1000 m以下に光増幅器4-2乃至4-6が配置された中継区間および4-16乃至4-17が配置された中継区間であり、深海区間は水深約1000 m以上に光増幅器4-7乃至4-15が配置された中継区間である。

【 0 0 2 4 】

それぞれの区間における修理の頻度が異なり、水深が深い方が修理の頻度は少なくなり、修理により挿入するケーブルの長さは長く成る。

【 0 0 2 5 】

従来、浅海および深海区間で用いられているファイバと陸揚げ区間のファイバは同種のものを用いている。

【 0 0 2 6 】

長距離・大容量波長多重伝送システムにおいては、非線形効果低減のため、平均のモードフィールド径が大きく、かつ、波長間における累積波長分散の差が小さいファイバの適用が有力である。

【 0 0 2 7 】

伝送路に用いる光ファイバとしては、中継区間の伝送路の前半にモードフィールド径が大きく伝送する光信号波長に対して正の分散値を有する正分散ファイバ(+Dファイバ)と、伝送路の後半にモードフィールド径が小さく前半のファイバの波長分散および波長分散スロープを補償する伝送する光信号波長に対して負の分散値を有する負分散ファイバ(-Dファイバ)を用いられている。

【 0 0 2 8 】

この正分散および負分散を用いた波長多重伝送システムの構成例を図4に示す。

【 0 0 2 9 】

図1と同一部材は同一番号で示す。

【 0 0 3 0 】

図4のWDM伝送光システムは、例えば、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、それら光送受信局間を接続する光伝送路3と、該光伝送路3の途中に所要の間隔で配置される複数の光増幅器4、とから構成される。

【 0 0 3 1 】

光送信局1および光受信局2の構成は、上記図1と同様である。

【 0 0 3 2 】

光伝送路3は、光送信局1、各光増幅器4および光受信局2の間をそれぞれ接続する複数の中継区間を有する。

【 0 0 3 3 】

各中継区間に対しては、WDM信号光の波長帯について、正の波長分散値と正の分散スロープを持つ $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aを前半(送信側)に用い、負の波長分散値

と負の分散スロープを持つ分散補償ファイバ3bを後半に用いた混成伝送路がそれぞれ適用される。

【 0 0 3 4 】

この例は、正分散ファイバ3aと負分散ファイバ3bの混成伝送路の区間平均の波長分散を約-2 ps/nm/kmに設定され、累積した波長分散を正分散ファイバ3aのみの区間(a)及び(b)を設けることによって補償している。

【 0 0 3 5 】

また、波長多重伝送システムの伝送路として、NZ-DSFを用いた場合と、正分散および負分散ファイバを用いた場合の分散マップ例を図5に示す。

【 0 0 3 6 】

図の特性は光信号のチャネル間隔を50GHz間隔で、34波の光信号を多重した場合の特性である。

【 0 0 3 7 】

図中△,■,○のマークが付いた特性は伝送路としてNZ-DSFを用いた場合であり、○はチャンネル1,■はチャンネル17,△はチャンネル34をそれぞれ示す。

【 0 0 3 8 】

また、マーク無しの特性は伝送路として、図4のように伝送路として正分散および負分散ファイバを用いた場合をしめす。

【 0 0 3 9 】

正分散および負分散ファイバを用いた伝送路の方が、平均の分散スロープが小さいため伝送後の累積分散が小さくなり、伝送波形歪みを低減することができる。

【 0 0 4 0 】

【発明が解決しようとする問題点】

+D/-D ファイバの伝送路修理を行う場合、以下のような問題点が生じる。

(1) 分散マネジメントおよび累積分散量の変化による伝送波形歪み：

正分散ファイバ、負分散ファイバおよび従来の伝送路であるNZ-DSFの波長分散値を表1に示す。

【 0 0 4 1 】

【表 1】

各伝送路ファイバの波長分散値			
ファイバ	正分散ファイバ	負分散ファイバ	NZ-DSF (従来)
波長分散量 (ps/nm/km)	約+20	約-20～-90	約-2

【 0 0 4 2 】

正分散および負分散ファイバの単位長さ当たりの波長分散量の絶対値が、ともに数十ps/nm/kmであり、従来の伝送路であるNZ-DSFよりも1桁以上大きい。

【 0 0 4 3 】

そのため、正分散および負分散ファイバを用いた伝送システムにおいて、従来のようにシステムを構成している伝送路を用いて伝送路修理を行った場合、そのシステムの分散マネジメントが大きく崩れ、また、伝送後の累積分散量も大きく変化してしまい、波形歪みが大きくなり伝送特性が劣化する。

(2) 接続損失の増大：

正分散ファイバ、負分散ファイバ、NZ-DSFおよびSMFのモードフィールド径を表2に示す。

【 0 0 4 4 】

【表2】

各伝送路ファイバのモードフィールド径				
ファイバ	正分散ファイバ	負分散ファイバ	NZ-DSF	SMF
モードフィールド径(μm)	約 10-12	約 4-6	約 7-8	約 10-12

【 0 0 4 5 】

従来の伝送システムで用いられているNZ-DSFとSMFのモードフィールド径の差に比べ、正分散および負分散ファイバのモードフィールド径の差が大きいため、伝送路ファイバの接続損も大きくなる。修理頻度が多い場合および中継区間が短い場合にこの影響は顕著になる。

(3) 負分散ファイバにおける非線形効果の過剰な増加：

波長分散による影響を正分散と負分散ファイバの組み合わせにより低減する場合、中継区間の前半において障害が発生すると、挿入ケーブルを構成する負分散ファイバにおいて生じる非線形効果による波形歪みが伝送特性に大きく影響する

【 0 0 4 6 】

【問題点を解決するための手段】

第1の手段として、伝送路間の修理方法は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバとを接続した伝送路からなる伝送区間に対して、伝送路を修理する場合に挿入する第3の光ファイバの分散値は伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が第1光ファイバ又は第2光ファイバ単位長さ当たりの分散値よりも小さい光ファイバを用いる

第2の手段として、光通信システムは光通信端局間を中継器により複数の伝送区間に分け、中継器間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、端局と中継器の間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとする。

【 0 0 4 7 】

第3の手段として、海底用光通信システムにおいて、光通信端局間を複数の伝送区間に分け、水深が1000m以上の海底に配置される該伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、水深が1000m以下の海底に配置される該伝送区間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとする。

【 0 0 4 8 】

第4の手段として、光通信システムは光通信端局間を複数の伝送区間に分け、伝送区間は損失を発生する分散補償器又は利得等化器又は光分岐挿入装置のユニットを有する伝送区間とユニットを有しない伝送区間とに分けられ、

ユニットを有しない伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ

第2光ファイバから構成し、ユニットを有する伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとする。

【0049】

第5の手段として、光通信システムは光通信端局間を複数の伝送区間に分け、伝送区間は損失を発生する分散補償器又は利得等化器又は光分岐挿入装置のユニットを有する伝送区間とユニットを有しない伝送区間とに分けられ、ユニットを有しない伝送区間の伝送路は伝送を行なう光波長に対して正の波長分散を持つ第1光ファイバと、伝送を行なう光波長に対して負の波長分散を持つ第2光ファイバから構成し、ユニットを有する伝送区間の伝送路は該伝送を行なう光波長に対する単位長さあたりの波長分散の絶対値が、第1光ファイバ又は第2光ファイバの単位長さ当たりの分散値よりも小さい第3の光ファイバとする。

【0050】

【実施例】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0051】

第1の実施例として、図4のような伝送する波長多重光波長に対して正分散および負分散ファイバを用いた波長多重伝送システムで、伝送路修理用のファイバとして伝送する波長多重光信号帯域の隣接する長波長側又は短波長側に零分散の値があり、正分散ファイバと負分散ファイバより分散の絶対値が小さい伝送路であるNZ-DSFを適用した1中継区間分の例を図6に示す。

【0052】

ここで、伝送する光信号波長は $1.530\mu\text{m}$ 乃至 $1.610\mu\text{m}$ の間に複数のチャネル(例えば32チャネル)光送信局より送られている。

【0053】

この光信号波長に対して、伝送路を構成する各光ファイバは表1のような分散値を有している。

【0054】

正分散ファイバ3aおよび負分散ファイバ3bから構成される混成伝送路の中継区

間のうち、前部にある正分散ファイバ3aにおいて障害が生じた場合を図6(a)に示す。

【 0 0 5 5 】

光増幅器4において所定のレベルまで増幅された信号光は、障害のため分割された正分散ファイバ3aの前部の正分散ファイバ3a₁を伝送した後、修理のため挿入されたNZ-DSF3cを通過する。

【 0 0 5 6 】

その後、障害のため分割された正分散ファイバ3aの後部の正分散ファイバ3a₂および負分散ファイバ3bを伝送した後、次の光増幅器4に入射する。

【 0 0 5 7 】

正分散ファイバ3aおよび負分散ファイバ3bから構成される混成伝送路の中継区間のうち、正分散ファイバ3aおよび負分散ファイバ3bの境界付近において障害が生じた場合を図6(b)に示す。

【 0 0 5 8 】

光増幅器4において所定のレベルまで増幅された信号光は、正分散ファイバ3aを伝送した後、修理のため挿入されたNZ-DSF3cを通過する。

【 0 0 5 9 】

その後、負分散ファイバ3bを伝送した後、次の光増幅器4に入射する。

【 0 0 6 0 】

正分散ファイバ3aおよび負分散ファイバ3bから構成される混成伝送路の中継区間のうち、後部にある負分散ファイバ3bにおいて障害が生じた場合を図6(c)に示す。

【 0 0 6 1 】

光増幅器4において所定のレベルまで増幅された信号光は、正分散ファイバ3aを伝送した後、障害のため分割された負分散ファイバ3bの前部の負分散ファイバ3b₁を通過する。

【 0 0 6 2 】

その後、修理のため挿入されたNZ-DSF3cおよび障害のため分割された負分散ファイバ3bの後部の負分散ファイバ3b₂を伝送した後、次の光増幅器4に入射する。

【 0 0 6 3 】

伝送路修理の場合、図6(a)，(b)および(c)のいずれの場合についても考慮する必要があるが、上記のような本発明を用いることによりいずれの場合についても以下の(A)，(B)および(C)のような効果が生じる。

(A) NZ-DSF3cは単位長さあたりの波長分散量の絶対値が小さいため($\sim 2\text{ps/nm/km}$)，そのシステムの分散マネジメントが大きく崩れず，累積分散量の変化も小さいため伝送特性への影響を小さくできる。

(B) NZ-DSF3cのモードフィールド径は正分散ファイバ3a， $3a_1$ および $3a_2$ と負分散ファイバ3b， $3b_1$ および $3b_2$ のちょうど中間である。

【 0 0 6 4 】

そのため，正分散ファイバ3aと負分散ファイバ3bから構成される混成伝送路区間のどのファイバと接続しても接続損が過剰に大きくなり，ほぼ同じとなるため設計が容易となる。また，負分散ファイバ3bを混成伝送路区間の前部(送信局側)に用いたときに生じるような非線形効果による過剰な劣化が小さい。

(C) 予備のファイバが1種類のファイバで済むため，上り回線と下り回線の修理を行うケーブルを用意する場合に方向性を考慮する必要がなく，作業効率が向上する。

【 0 0 6 5 】

本実施例では伝送する光信号波長の波長帯域の隣接する長波長または短波長側に零分散値を有し、伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さいNZ-DSFを用いて説明しているが、伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバを補修用のファイバとして用いることができる。

【 0 0 6 6 】

一例としては伝送信号波長と零分散波長が一致している分散シフトファイバ(ディスパージョンシフトファイバDSF)等が用いることができる。

【 0 0 6 7 】

ここで，DSFは伝送信号光波長間の非線形効果を考慮すると，NZ-DSFを適用し

た場合の方が伝送特性は良好となると考えられる。

【 0 0 6 8 】

第2の実施例を図7に示す。

【 0 0 6 9 】

図7のWDM伝送光システムは、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、それら送受信局とそれらの局より第1区間目の光増幅器4を接続する光伝送路5と、それ以外の区間を接続する光伝送路3と、該光伝送路3の途中に所要の間隔で配置される複数の光増幅器4、とから構成される。

【 0 0 7 0 】

光送信局1および光受信局2の構成は、図1と同様である。

【 0 0 7 1 】

ここで、光送信局1で伝送するの光信号波長は $1.530\mu\text{m}$ 乃至 $1.610\mu\text{m}$ の間に複数のチャンネル(例えば32チャンネル)が送出されている。

【 0 0 7 2 】

光伝送路5を配置する光送信局から第1番目の光増幅器までの中継区間および光受信局から第1番目の光増幅器までの中継区間にNZ-DSFが適用される。

【 0 0 7 3 】

また、それ以外の中継区間に対しては、光伝送路3として、WDM信号光の波長帯について、正の波長分散値と正の分散スロープを持つ $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aを前部(送信側)に用い、負の波長分散値と負の分散スロープを持つ分散補償ファイバ3bを後部に用いた混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aのみの伝送路が適用される。

【 0 0 7 4 】

送信局1から送信された信号光は、第1区間目において、光伝送路5であるNZ-DSFを伝送し、その後、複数の $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aのみの伝送路を伝送する。

【 0 0 7 5 】

そして、その後、最終区間において、光伝送路5であるNZ-DSFを伝送し、受信

局に入射される。

【 0 0 7 6 】

1.3 μm 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路は、長距離伝送の場合、NZ-DSFに比べ伝送特性が良好である。

【 0 0 7 7 】

しかし、単位長さあたりの波長分散が大きく2種類のモードフィールド径の異なるファイバを用いているため、障害が生じた際そのファイバの除去または挿入を行った場合、分散マネジメントや区間損失に関する伝送システムへの影響が大きい。

【 0 0 7 8 】

その結果、伝送特性の劣化がNZ-DSFに比べ大きくなる。

【 0 0 7 9 】

したがって、障害が生じる可能性の高い光送信局から第1番目の光増幅器4までの中継区間および光受信局から第1番目の光増幅器4までの中継区間には、単位長さあたりの波長分散値が小さい光伝送路5であるNZ-DSFを適用する。

【 0 0 8 0 】

光伝送路5であるNZ-DSFは単位長さあたりの波長分散量の絶対値が小さいため、障害が生じた際、そのファイバの除去または挿入を行っても、そのシステムの分散マネジメントが大きく崩れず、累積分散量の変化も小さいため伝送特性への影響を小さくできる。

【 0 0 8 1 】

また、光伝送路5は複数種のファイバを用いないため、修理の際に過剰な接続損が生じない。

【 0 0 8 2 】

ここでの正分散ファイバと負分散ファイバとNZ-DSFは表1のファイバを使うことが出来る。

【 0 0 8 3 】

又、第1の実施例と同様に伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバであれば

NZ-DSFの代わりに第1区間及び最終区間に用いることができる。

【 0 0 8 4 】

第3の実施例を図8に示す。

【 0 0 8 5 】

図8のWDM伝送光システムは、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、光送受信局および水深1000 m以下に配置される光増幅器4同士とを接続する光伝送路5と、水深1000 m以上に配置される光増幅器4同士を所要の間隔で接続する光伝送路3、とから構成される。

【 0 0 8 6 】

光送信局1および光受信局2の構成は、図1と同様で第2実施例と波長を用いて伝送を行なっている。

【 0 0 8 7 】

光伝送路5を配置する水深1000 m以下の区間にはNZ-DSFが適用される。

【 0 0 8 8 】

また、それ以外の水深1000 m以上の中継区間に対しては、光伝送路3として、WDM信号光の波長帯について、正の波長分散値と正の分散スロープを持つ1.3 μ m零分散SMF3aを前半(送信側)に用い、負の波長分散値と負の分散スロープを持つ分散補償ファイバ3bを後半に用いた混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する1.3 μ m零分散SMF3aのみの伝送路が適用される。

【 0 0 8 9 】

送信局1から送信された信号光は、水深1000 m以下に配置された光増幅器4を有する複数の中継区間において光伝送路5であるNZ-DSFを伝送する。

【 0 0 9 0 】

そして、水深1000 m以上に配置された光増幅器4を有する中継区間において、複数の1.3 μ m零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する1.3 μ m零分散SMF3aのみの伝送路を伝送する。

【 0 0 9 1 】

そして、その後、再び水深1000 m以下に配置された光増幅器4を有する複数の中継区間において、光伝送路5であるNZ-DSFを伝送し、受信局に入射される。

【 0 0 9 2 】

1.3 μ m 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路は、NZ-DSFに比べ伝送特性が良好である。

【 0 0 9 3 】

しかし、単位長さあたりの波長分散が大きく2種類のモードフィールド径の異なるファイバを用いているため、障害が生じた際そのファイバの除去または挿入を行った場合、分散マネジメントや区間損失に関する伝送システムへの影響が大きい。

【 0 0 9 4 】

その結果、伝送特性の劣化がNZ-DSFに比べ大きくなる。

【 0 0 9 5 】

したがって、障害が生じる可能性の高い水深1000 m以下に配置された光増幅器4を有する中継区間には、単位長さあたりの波長分散値が小さい光伝送路5であるNZ-DSFを適用する。

【 0 0 9 6 】

光伝送路5であるNZ-DSFは単位長さあたりの波長分散量の絶対値が小さいため、障害が生じた際、そのファイバの除去または挿入を行っても、そのシステムの分散マネジメントが大きく崩れず、累積分散量の変化も小さいため伝送特性への影響を小さくできる。

【 0 0 9 7 】

また、光伝送路5は複数種のファイバを用いないため、修理の際に過剰な接続損が生じない。

【 0 0 9 8 】

ここでの正分散ファイバと負分散ファイバとNZ-DSFは表1のファイバを使うことが出来る。

【 0 0 9 9 】

又、第1の実施例と同様に伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバ光ファイバであればNZ-DSFの代わりに水深1000m以下の区間に用いることができる。

【 0 1 0 0 】

図8は伝送区間が水深1000m以下と成るのが、光送信局側1と光受信局側2にのみ存在しているが、端局間の中央部分に部分的に水深1000m以下の伝送区間がある場合は伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバを用いることが出来る。

【 0 1 0 1 】

第4の実施例を図9、図10および図11に示す。

【 0 1 0 2 】

上記図4のWDM伝送システムにおいて、光増幅器の利得を等化する利得等化装置6または波長分散を補償する分散補償装置7または主回線の信号光を分岐し主回線に信号光を挿入する光分岐挿入装置8を含む中継区間を有する伝送システムの構成例を示し、特にそれらの装置を有する区間の近傍について示す。

【 0 1 0 3 】

送信局から送信された信号光は、所定の間隔ごとに光増幅器4にて増幅されながら、 $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aのみの伝送路を伝送してきた後、利得等化装置6または分散補償装置7または光分岐挿入装置8を含む中継区間を伝送し、その後、再び $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路およびその混成伝送路の分散を補償する $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aのみの伝送路を伝送し、受信局に受信される。

【 0 1 0 4 】

これらの装置を含む中継区間は、光増幅器4と接続する両端に光伝送路5であるNZ-DSFを配置し中央に各々の装置を配置する。

【 0 1 0 5 】

これらの装置は損失を発生するため、他の中継区間に比べこれらの装置を含む区間の光ファイバ長は短くなる。

【 0 1 0 6 】

これらの装置を含む区間に $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路を適用する場合、混成伝送路はその区間長が短くなると伝送特性上の効果が

小さくなるため、これらの装置を含む区間には $1.3\mu\text{m}$ 零分散SMF3aと分散補償ファイバ3bの混成伝送路を適用する利点が非常に小さい。

【0107】

その反面、混成伝送路の長さ比の調整による平均分散の制御の必要性、および伝送路修理時の分散マネジメントのずれや過剰な接続損という欠点のみが強調される。

【0108】

したがって、これらの装置を含む区間に用いるファイバとして光伝送路5であるNZ-DSFを適用することにより、伝送路修理時の伝送特性の過剰な劣化を抑制でき伝送システムの設計も容易になる。

【0109】

ここでの正分散ファイバと負分散ファイバとNZ-DSFは表1のファイバを使うことが出来る。

【0110】

又、第1の実施例と同様に伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバで有ればNZ-DSFの代わりに用いることができる。

【0111】

第5の実施例を図12(a)～(d)に示す。予備の光増幅器4'、利得等化装置6'、分散補償装置7' および光分岐挿入装置8'の入出力部のファイバとして、光伝送路5であるNZ-DSFを適用した例をそれぞれ示す。

【0112】

光伝送路5であるNZ-DSFは単位長さあたりの波長分散量の絶対値が小さいため、余長として用いても、そのシステムの分散マネジメントが大きく崩れず、累積分散量の変化も小さいため伝送特性への影響を小さくできる。

【0113】

また、光伝送路5であるNZ-DSFのモードフィールド径は正分散ファイバ3aと負分散ファイバ3bのちょうど中間である。そのため、正分散ファイバ3aと負分散ファイバ3bから構成される混成伝送路区間のどのファイバと接続しても接続損が過

剰に大きくなり、ほぼ同じとなるため設計が容易となる。

【 0 1 1 4 】

また、図9から図11のように利得等化装置、分散補償装置および光分岐挿入装置を含む区間の両端にNZ-DSFを適用するシステムでは過剰な接続損はほとんど考慮する必要がなくなる。

【 0 1 1 5 】

さらに、負分散ファイバ3bを混成伝送路区間の前部(送信局側)に用いたときに生じるような非線形効果による過剰な劣化が小さくなる。

【 0 1 1 6 】

さらに、波長分散による伝送特性劣化を低減するために、

- a) 送信局または受信局に固定型もしくは可変型の一括波長分散補償器を挿入すること
 - b) 伝送区間内に可変型の分散補償器を挿入すること
- が有効である。

【 0 1 1 7 】

ここでのNZ-DSFは表1のファイバを使うことが出来る。

【 0 1 1 8 】

又、第1の実施例と同様に伝送する光信号波長に対する単位長さ当たりの分散量の絶対値が正分散ファイバ及び負分散ファイバより小さい光ファイバで有ればNZ-DSFの代わりに用いることができる。

【 0 1 1 9 】

上記a)の実施例として、送信局および受信局に一括して分散補償可能な装置を挿入した波長多重伝送システムの構成例を図13に示す。

【 0 1 2 0 】

図13のWDM伝送光システムは、例えば、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、それら送受信局間を接続する光伝送路3と、該光伝送路3の途中に所要の間隔で配置される複数の光増幅器4、とから構成される。

【 0 1 2 1 】

光送信局1は、波長の異なる複数の光信号をそれぞれ出力する複数の光送信器(

E/O)1Aと、複数の光信号を波長多重する合波器1Bと、該合波器1BからのWDM信号光を所定のレベルまで増幅して一括波長分散補償器1Eに出力する光増幅器1Dと、全ての波長について伝送路中で生じる累積波長分散を予め一括して補償する一括分散補償器1Eと、該一括分散補償器1EからのWDM信号光を所要のレベルに増幅して光伝送路3に出力するポストアンプ1Cと、を有する。

【 0 1 2 2 】

光受信局2は、光伝送路を介して伝送された各波長帯のWDM信号光を所要のレベルに増幅するプリアンプ2Cと、プリアンプ2Cから出力した光の全ての波長について伝送路中で生じる累積波長分散を一括して補償する一括分散補償器2Eと、一括分散補償器2Eからの出力を所定レベルまで増幅する光増幅器2Dと、光増幅器2Dからの出力光を波長に応じて複数の光信号に分ける分波器2Bと、複数の光信号をそれぞれ受信処理する複数の光受信器(O/E)2Aと、を有する。

【 0 1 2 3 】

光伝送路3は、光送信局1、各光増幅器4および光受信局2の間をそれぞれ接続する複数の中継区間を有する。

【 0 1 2 4 】

各中継区間に対しては、WDM信号光の波長帯について、正の波長分散値と正の分散スロープを持つ1.3 μ m零分散SMF3aを前半(送信側)に用い、負の波長分散値と負の分散スロープを持つ分散補償ファイバ3bを後半に用いた混成伝送路がそれぞれ適用される。

【 0 1 2 5 】

伝送路修理の際に累積波長分散のずれが生じた場合、その生じた波長分散ずれを補償するように送受信局における一括分散補償器1Eおよび2Eの波長分散補償量を変化させることによって累積分散のずれを低減することができ、伝送特性の劣化を抑制することができる。

【 0 1 2 6 】

上記b)の実施例として、伝送区間内の一括して分散補償可能な装置を挿入した波長多重伝送システムの構成例を図14に示す。

【 0 1 2 7 】

図14のWDM伝送光システムは、例えば、光送信局(OS)1と、光受信局(OR)2と、それら送受信局間を接続する光伝送路3と、該光伝送路3の途中に所要の間隔で配置される複数の光増幅器4と、可変型分散補償器9と、その可変型分散補償器が挿入されている区間に適用される光伝送路5、とから構成される。

【 0 1 2 8 】

光送信局1および光受信局2の構成は、上記図1と同様であり、または、上記図13のように送受信局に一括分散補償器を挿入した構成である。

【 0 1 2 9 】

光送信局1から送信された信号光は、所定の間隔ごとに光増幅器4において増幅されながら光伝送路3を伝送する。

【 0 1 3 0 】

可変型分散補償器9を含む区間では、光伝送路5を通った後、可変型分散補償器を通り、光伝送路5を伝送する。その後、再び、所定の間隔ごとに光増幅器4において増幅されながら光伝送路3を伝送し、可変型分散補償器9を含む区間を通った後、所定の間隔ごとに光増幅器4において増幅されながら光伝送路3を伝送し、受信局に受信される。

【 0 1 3 1 】

伝送路修理の際に累積波長分散のずれが生じた場合、その生じた波長分散ずれを補償するように可変型分散補償器9の波長分散補償量を変化させることによって累積分散のずれを低減することができ、伝送特性の劣化を抑制することができる。

【 0 1 3 2 】

可変型分散補償器の構成例を図15に示す。

【 0 1 3 3 】

可変型分散補償器は2個の光スイッチ9Aおよび9Bと、 n 個の正分散ファイバ9Dと、 n 個の負分散ファイバ9Eと、 $2n+1$ 個の光減衰器(光ATT)9C、とから構成される。

【 0 1 3 4 】

正分散ファイバ9Dおよび負分散ファイバ9Eの量をステップ上に数種類用意し、全ポートの損失は光減衰器9Cを用いることにより予め等しくなるように調整して

いる。

【 0 1 3 5 】

信号光が光スイッチ9Aに入射される。その際、信号光に対し正分散ファイバ9Dが配置されているポートでは正分散が生じ、負分散ファイバ9Eが配置されているポートでは負分散が生じるので、光スイッチ9Aおよび9Bのポートを選択することにより分散補償量を変化させることができる。

【 0 1 3 6 】

そして、各ポートを伝送後、再び光スイッチ9Bに入射され光伝送路を伝送する。

【 0 1 3 7 】

【発明の効果】

伝送路を正分散ファイバおよび負分散ファイバで構成し、伝送路の割り入れに用いる光ファイバとして、正分散ファイバと負分散ファイバよりその分散の絶対値が小さい光ファイバを用いることで、伝送路の中継区間内で分散値を調整した伝送路にて、伝送路が切断され、伝送路の割り入れを行なう場合に、光受信局での分散値に影響を与えないようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 波長多重伝送システムの構成例

【図2】 従来の伝送路修理を示す図

【図3】 海底ケーブルに於ける各区分名の定義

【図4】 正分散および負分散を用いた波長多重伝送システムの構成例

【図5】 波長多重伝送システムの分散マップ例

【図6】 伝送路修理の実施例

【図7】 波長多重伝送システムの実施例

【図8】 波長多重伝送システムの実施例

【図9】 波長多重伝送システムの実施例

【図10】 波長多重伝送システムの実施例

【図11】 波長多重伝送システムの実施例

【図12】 各装置の構成例

【図13】 送信局および受信局に一括波長分散補償器を挿入した場合の波長多重伝送システムの構成例

【図14】 伝送区間内に可変型波長分散補償器を挿入した場合の波長多重伝送システムの構成例

【図15】 可変型分散補償器の構成例

【符号の説明】

1は光送信局

2は光受信局

3は光ファイバ

3aは正分散ファイバ

3bは負分散ファイバ

3c,5はNZ-DSF

4は光増幅器

6は利得等化器

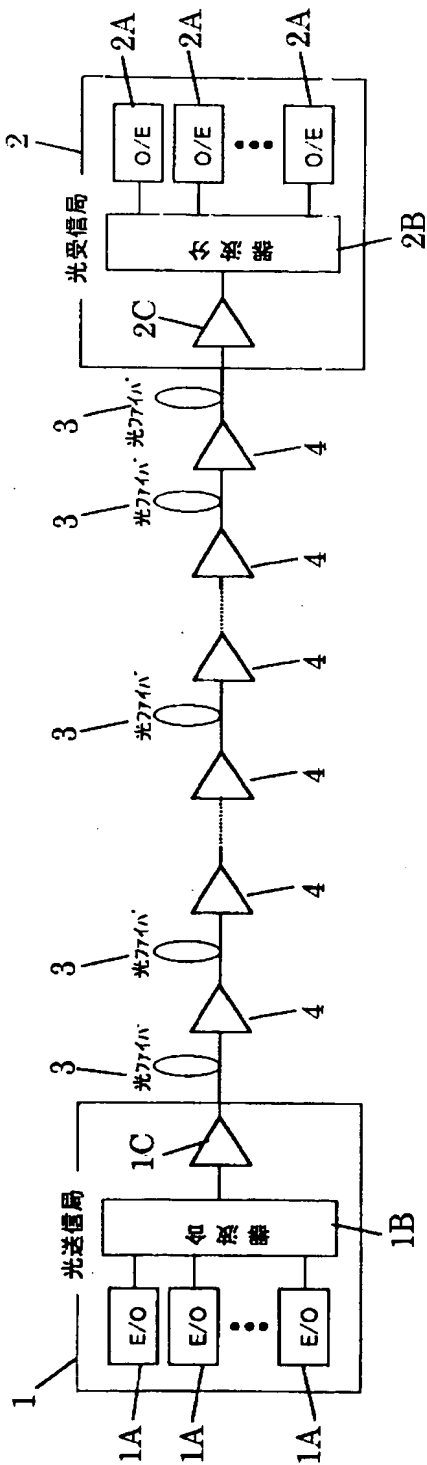
7は分散補償器

8は光分岐中継器

1E,2Eは一括分散補償器

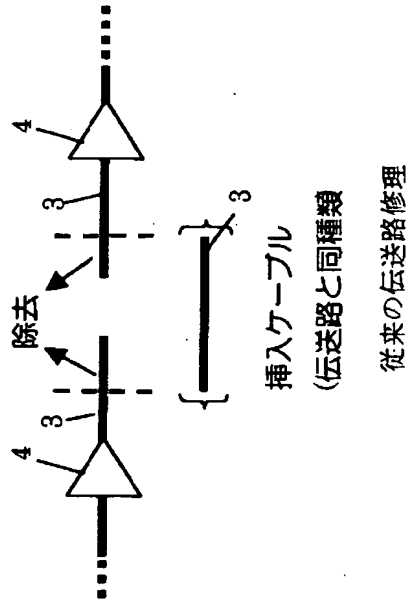
【書類名】 図面

【図 1】

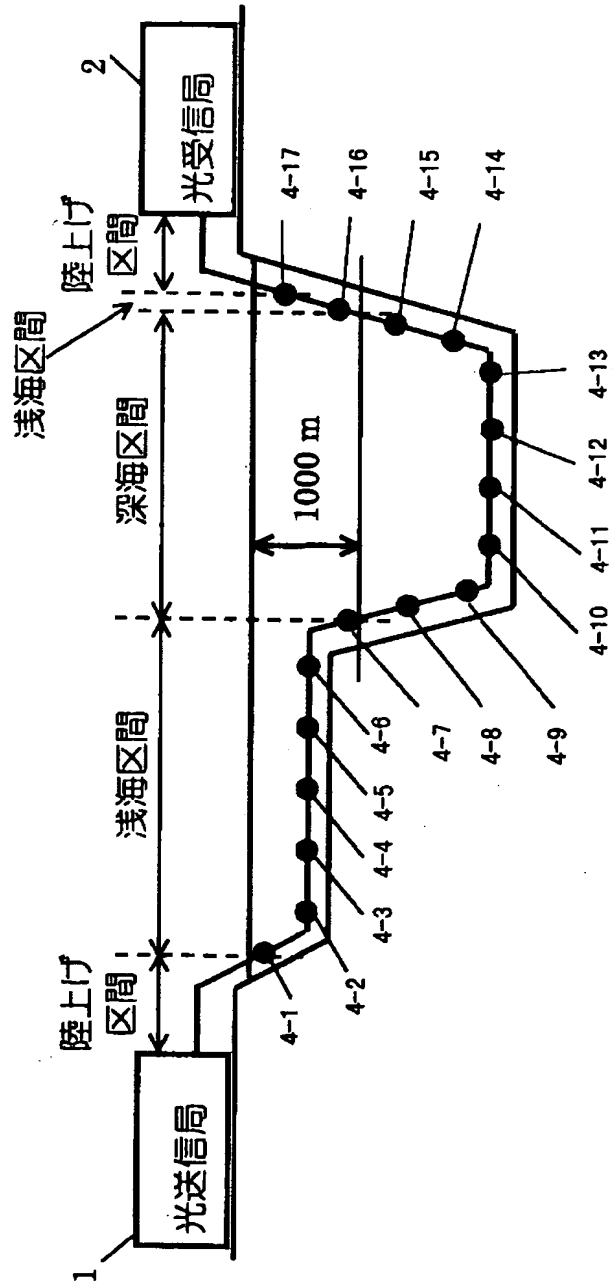


波長多重伝送システムの構成例

【図 2】

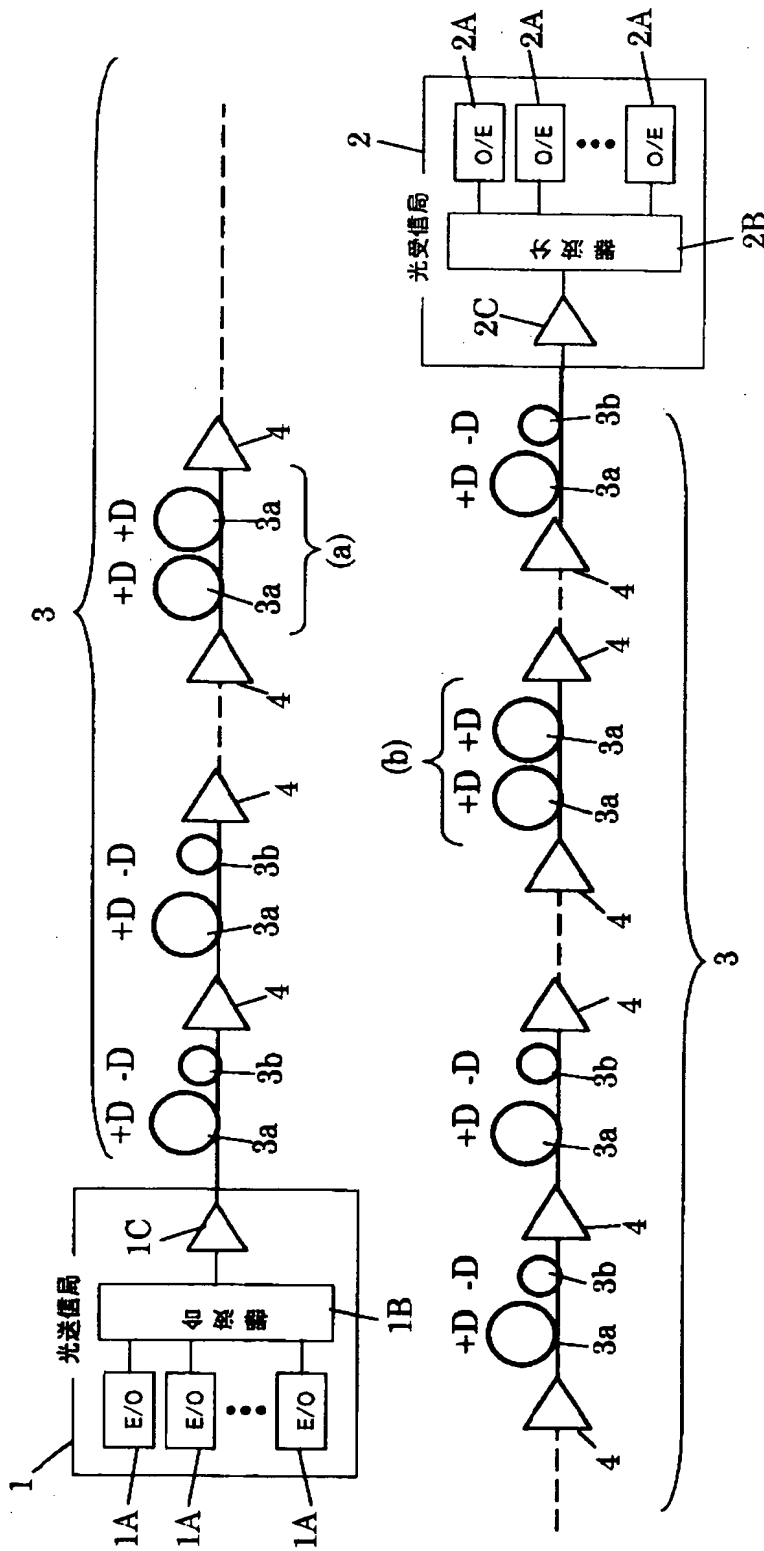


【図 3】



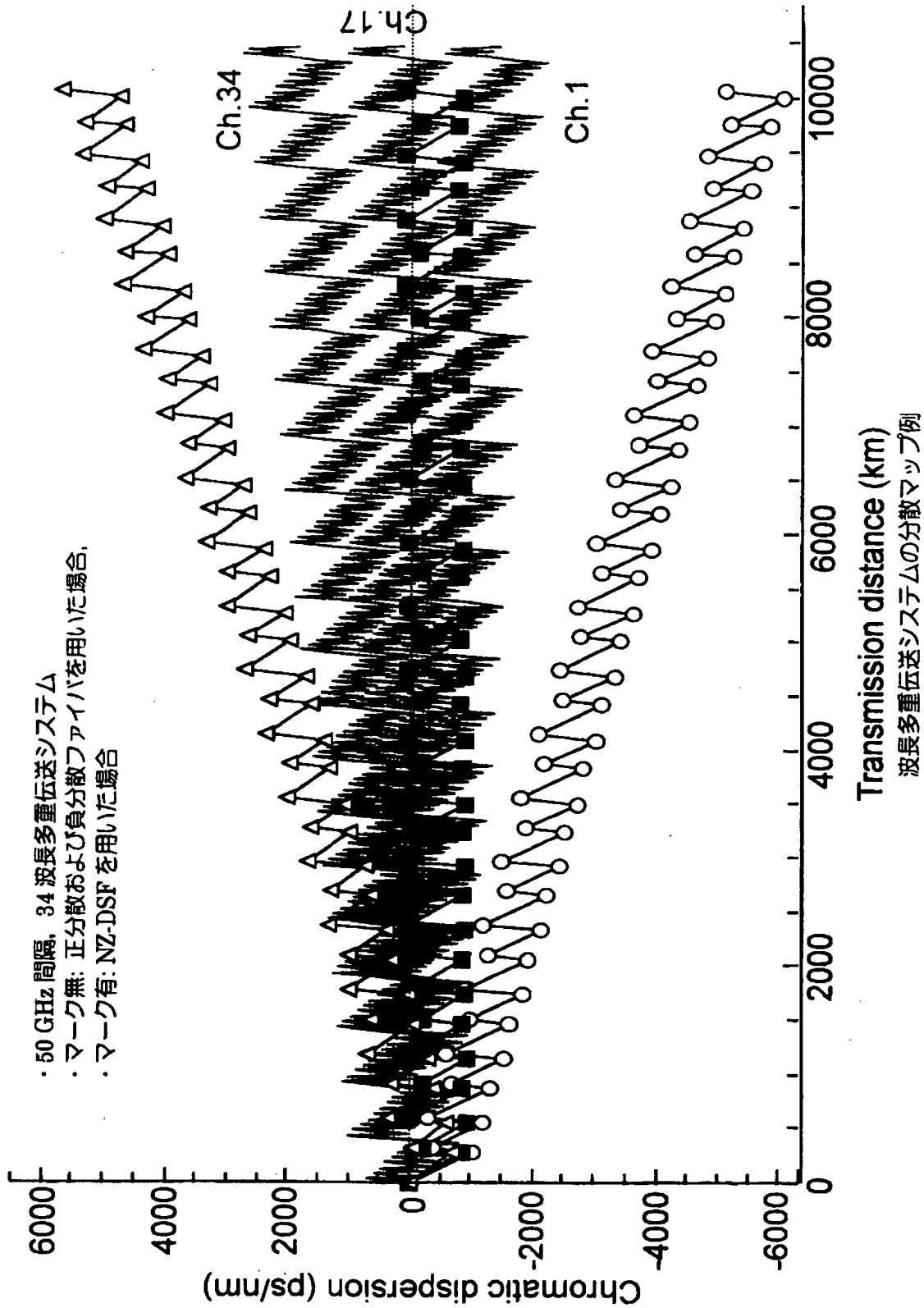
光海底ケーブルにおける各区間名の定義

【図 4】

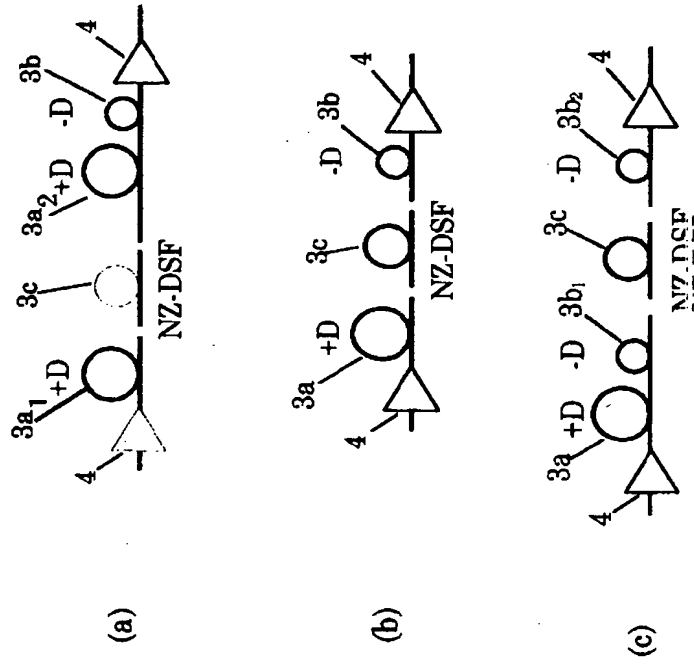


正分散および負分散を用いた波長多重伝送システムの構成例

【図5】

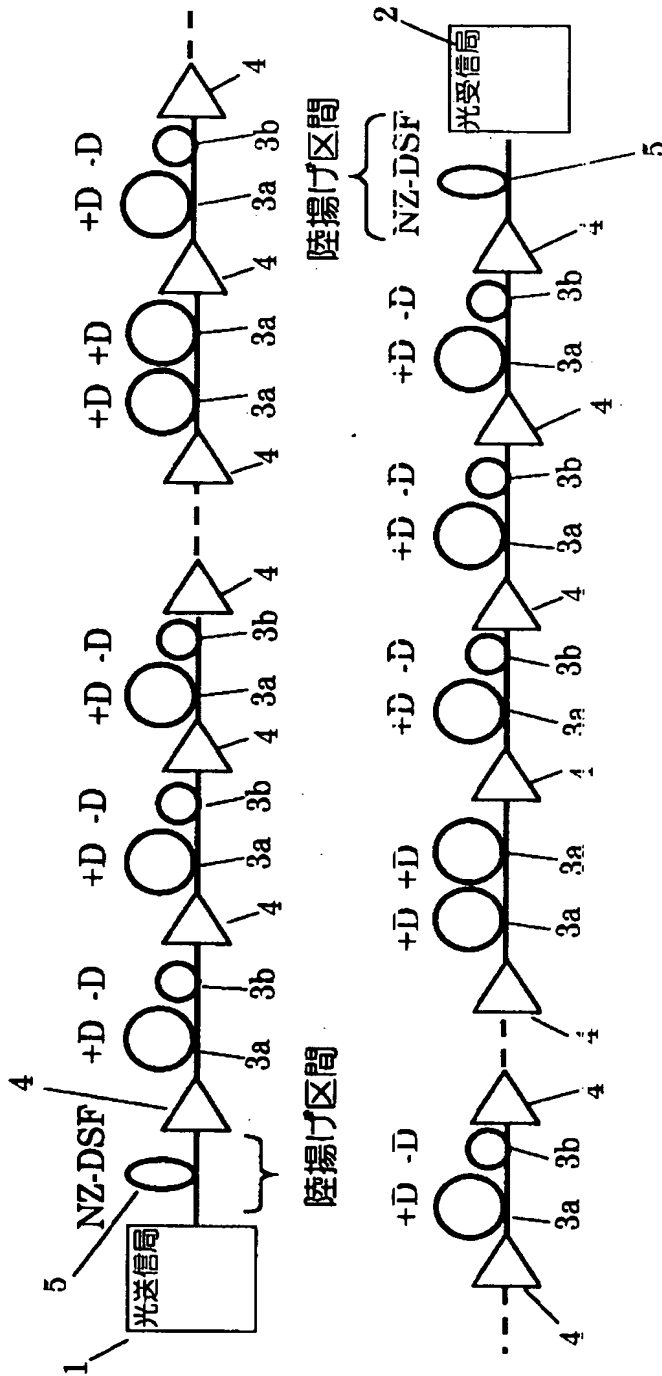


【図 6】



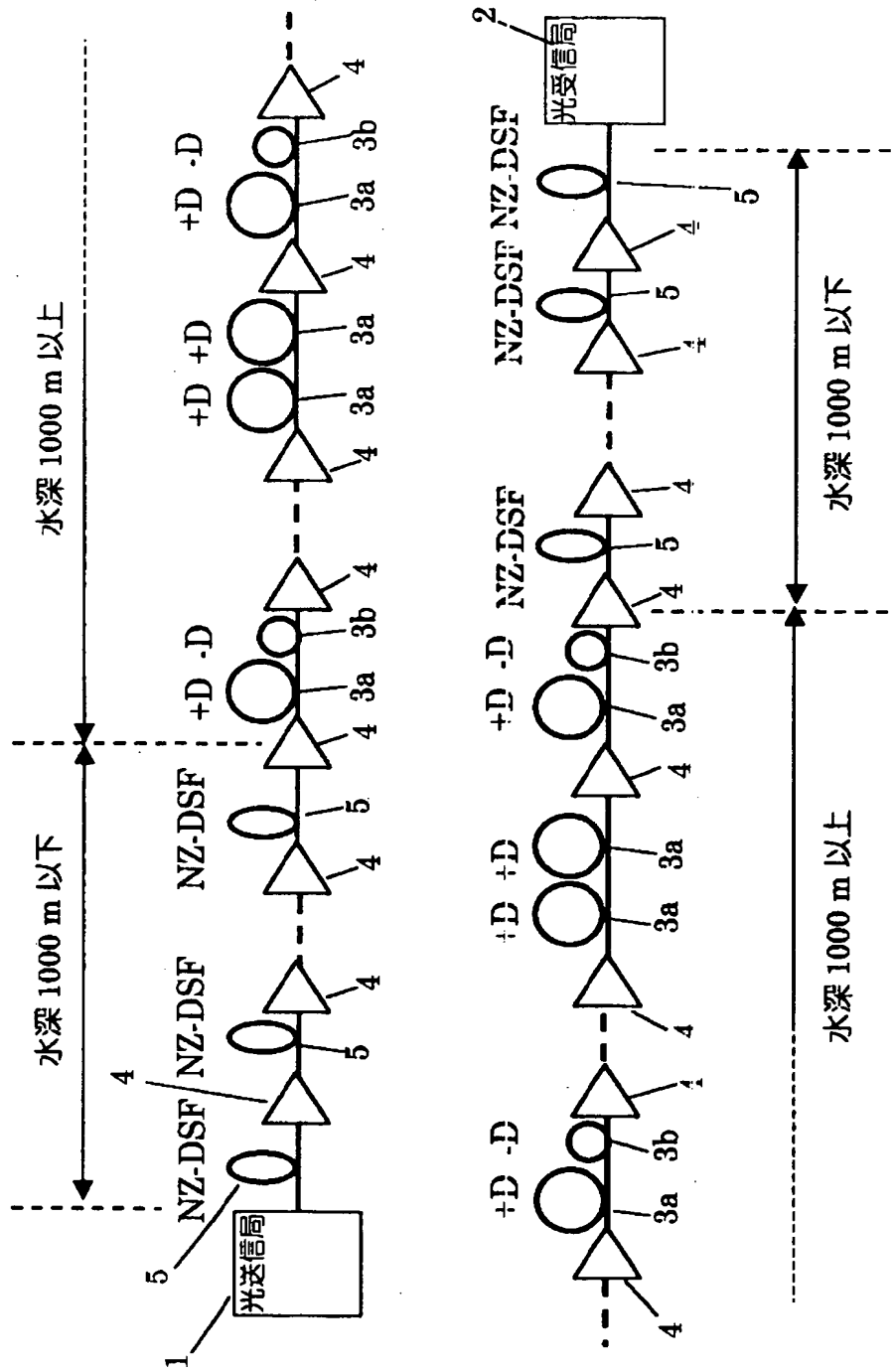
本発明を用いた伝送路修理の実施例

【図 7】



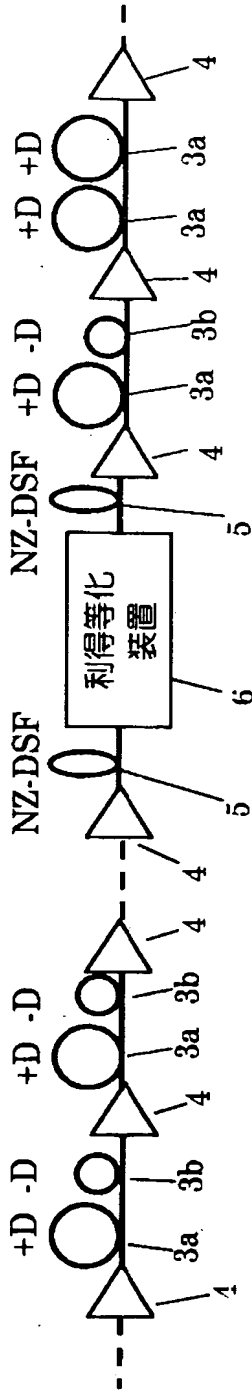
本発明を用いた波長多重伝送システム

【図 8】



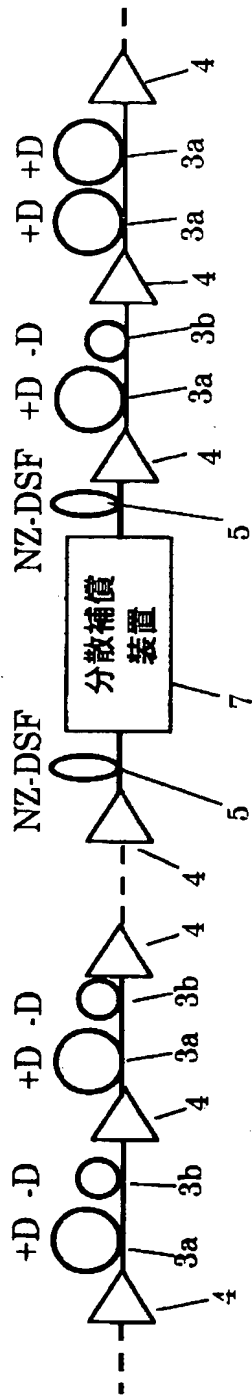
本発明を用いた波長多重伝送システム

【図 9】



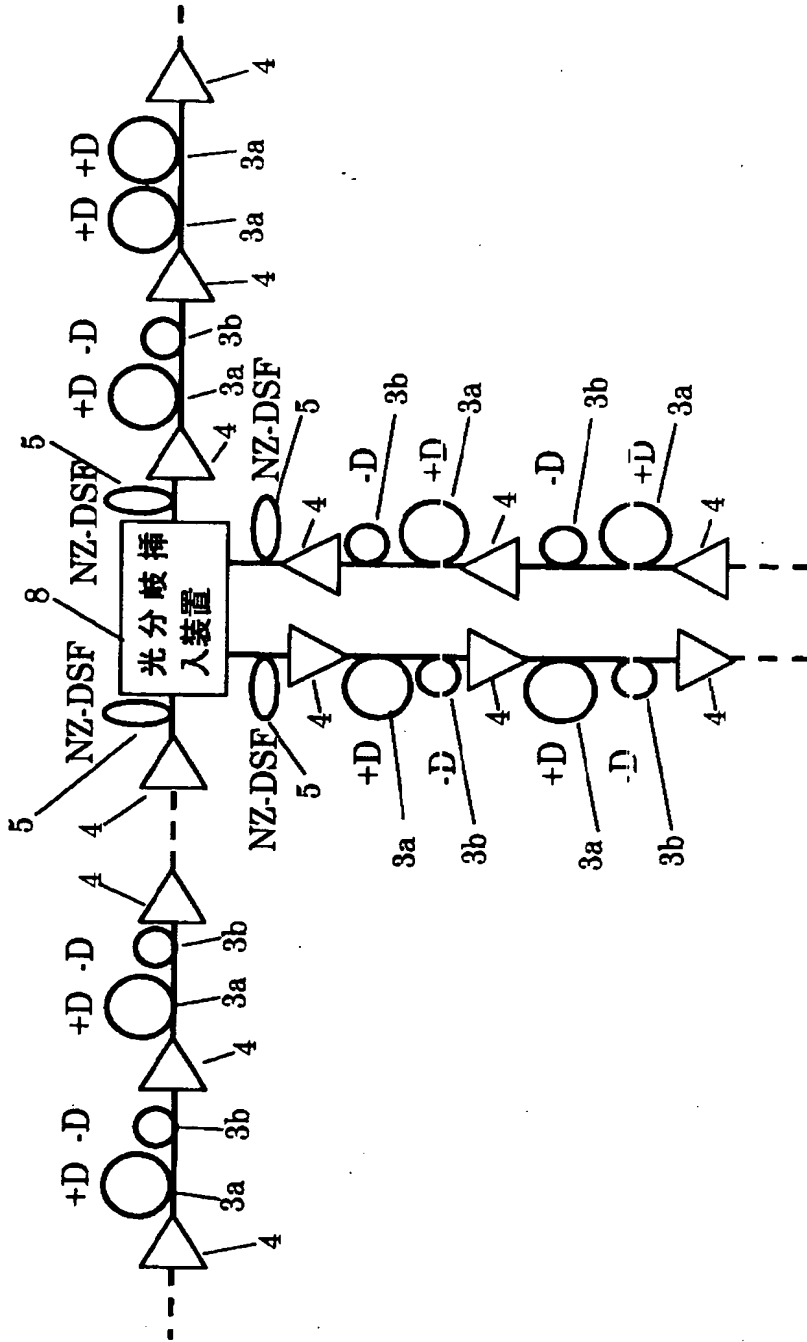
本発明を用いた波長多重伝送システム

【図 1 0】



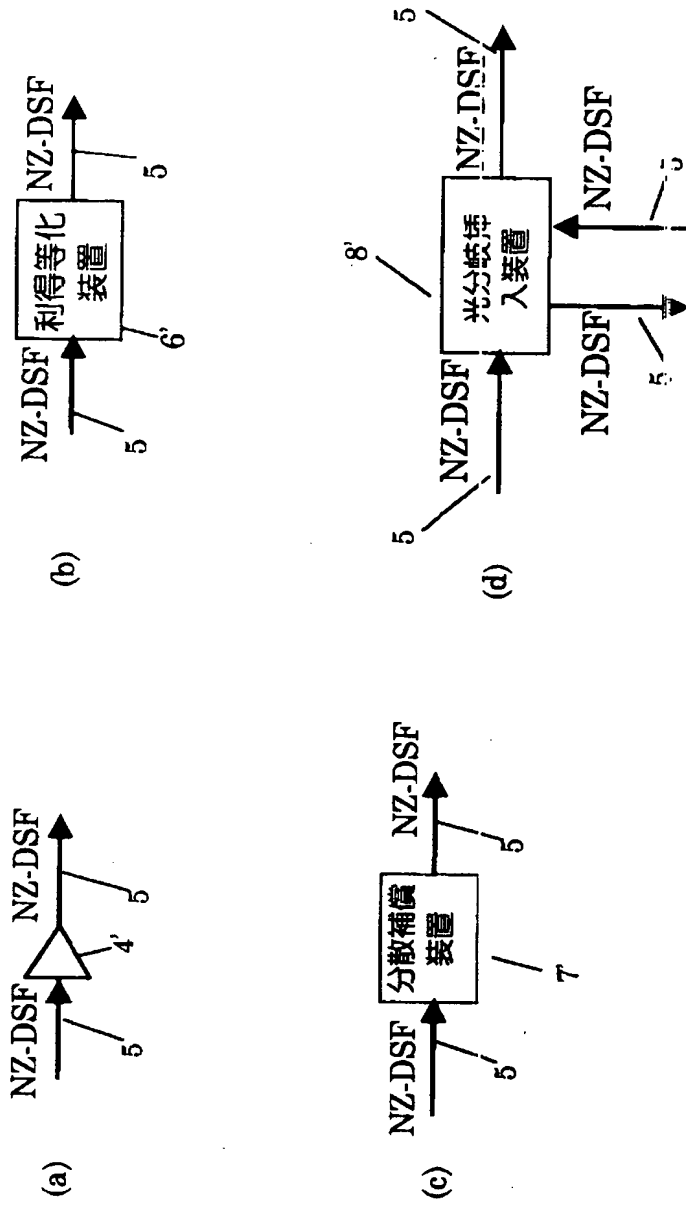
本発明を用いた波長多重伝送システム

【図 11】



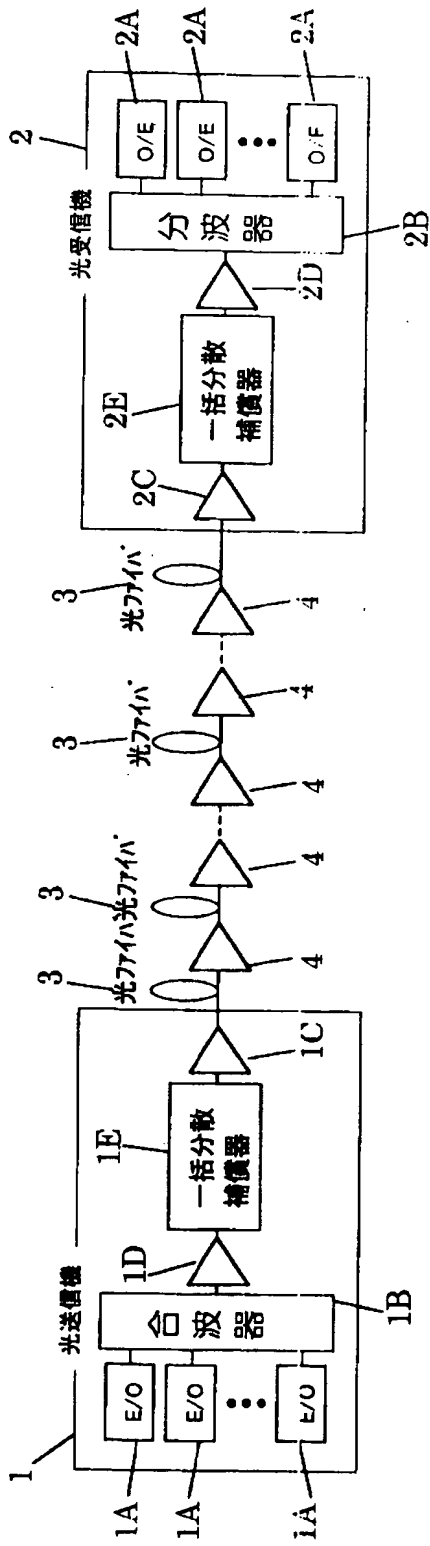
本発明を用いた波長多重伝送システム

【図 1 2】



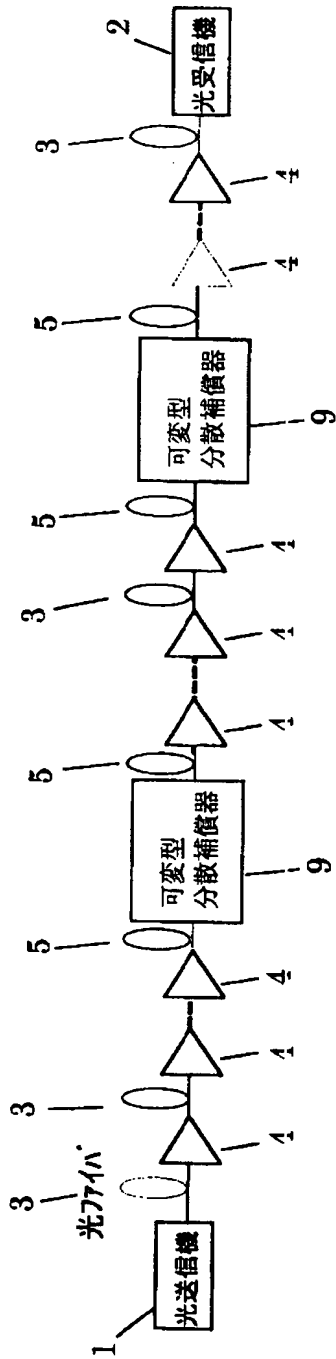
本発明を用いた各装置の構成例

【図 13】



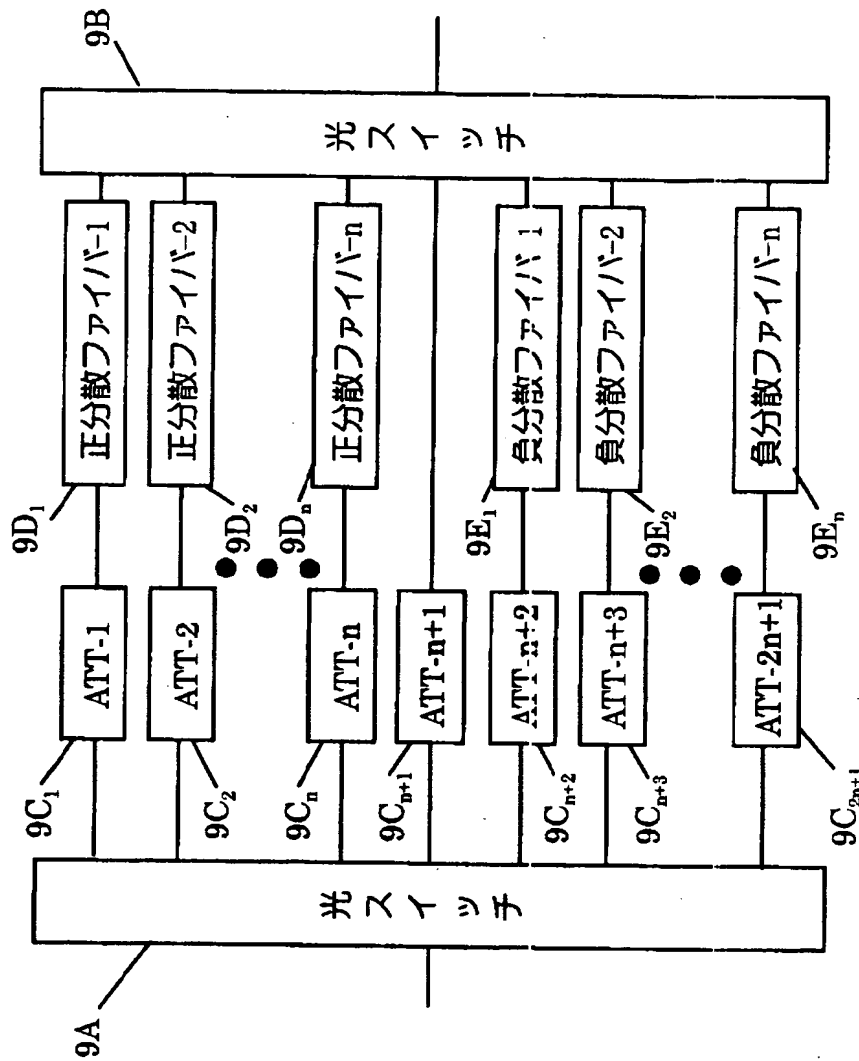
送受信局に一括波長分散補償器を挿入した場合の波長多重伝送システムの構成例

【図 1 4】



伝送区間内に可変型波長分散補償器を挿入した場合の波長多重伝送システムの構成例

【図 15】



可変型分散補償器の構成例

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

伝送路の中継区間内で分散値を調整した伝送路にて、伝送路が切断され、伝送路の割り入れを行なう場合に、光受信局での分散値に影響を与えないようにする。

【解決手段】

伝送路を正分散ファイバおよび負分散ファイバで構成し、伝送路の割り入れに用いる光ファイバとして、正分散ファイバと負分散ファイバよりその分散の絶対値が小さい光ファイバを用いる。

【選択図面】

図6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社